

ANALISA PERBANDINGAN METODE NRECA DAN THORNTHWAITTE-MATHER DALAM TRANSFORMASI HUJAN MENJADI DEBIT PADA SUB DAS KONTA HULU KABUPATEN MALANG

Andy Wijayanto¹, Donny Harisuseno², Widandi Soetopo²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145 Indonesia

Email: wijayaandy1997@gmail.com

ABSTRAK: Neraca air merupakan bagian dari analisa hidrologi yang diperlukan untuk mengetahui ketersediaan air pada suatu DAS. Ketersediaan air yang cukup sangat berpengaruh pada kehidupan masyarakatnya, terutama pada sektor pertanian. Studi ini bertujuan untuk memprediksi debit sungai yang terletak di Sub DAS Konto Hulu, Kabupaten Malang. Metode yang digunakan dalam studi ini adalah metode NRECA dan Thornthwaite-Mather. Hasil dari kedua metode tersebut akan dibandingkan dengan debit observasi untuk mengetahui tingkat kesesuaian metode terhadap daerah studi. Berdasarkan uji kesesuaian metode dari kedua metode yang digunakan, metode Thornthwaite-Mather memiliki hasil yang lebih baik dari metode NRECA. Dari uji kesesuaian metode didapatkan nilai *Nash Sutcliffe Efficiency (NSE)* = 0,624, Koefisien Korelasi (*R*) = 0,931, *Root Mean Squared Error (RMSE)* = 2,647, dan Kesalahan Relatif (*KR*) = 10,8%. Perhitungan dengan metode Thornthwaite-Mather menghasilkan debit maksimum = 26,107 m³/dt, minimum = 5,511 m³/dt, dan rerata = 11,173 m³/dt..

Kata Kunci: NRECA, Thornthwaite-Mather, Prediksi Debit, Kesesuaian Metode.

ABSTRACT: *Water balance is part of the hydrological analysis to determine the availability of water in a watershed. The availability of sufficient water is very influential on people's lives, especially in the agricultural sector. This study aims to predict river discharges located in the Konto Hulu Sub Basin, Malang Regency. The method used in this study is the NRECA and Thornthwaite-Mather methods. The results of the two methods will be compared with observational discharge to determine the suitability of the method to the study area. Based on the suitability test method of the two methods used, the Thornthwaite-Mather method has better results than the NRECA method. Based on the suitability test method, the Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) value = 0.624, the Correlation Coefficient (R) = 0.931, the Root Mean Squared Error (RMSE) = 2.647, and the Relative Error (KR) = 10.8%. Calculations using the Thornthwaite-Mather method produce a maximum of discharge = 26.107 m³/sec, a minimum = 5.511 m³/sec, and average = 11,173 m³/sec.*

Keywords: *NRECA, Thornthwaite-Mather, Discharge Prediction, Method Suitability.*

PENDAHULUAN

Konsep utama dari DAS yaitu air akan terkumpul dalam beberapa sungai dan menuju ke sungai utama. DAS sangat dibutuhkan data hidrologi yang akan sangat membantu dalam segala perencanaan bangunan yang berkaitan dengan sumber daya air. Perkembangan teknologi yang semakin maju dan modern akan membantu dalam pencatatan data hidrologi yang terkait. Stasiun hujan dan pos duga air merupakan salah satu alternatif dalam mendapatkan data hidrologi yang dibutuhkan. Jika dalam pencatatan data hidrologi yang kurang akurat akan mengakibatkan hasil yang kurang sesuai.

Dalam studi kasus ini, memilih Sub DAS Konto Hulu yang mempunyai data hidrologi yang cukup meliputi data stasiun hujan dan pembacaan debit. Hal tersebut sangat penting karena Sungai Konto merupakan sumber *Inflow* dari Bendungan Selorejo. Fasilitas alat pembaca debit berupa *AWLR* yang mungkin rusak ataupun hanyut akan menyulitkan kinerja dari Bendungan Selorejo yang mengakibatkan data debit tidak terbaca dan berakibat pola operasi dari waduk tidak berjalan secara normal ataupun tidak sesuai dengan buku pedoman yang sudah diatur dan di terbitkan dari instansi pengelola Bendungan Selorejo.

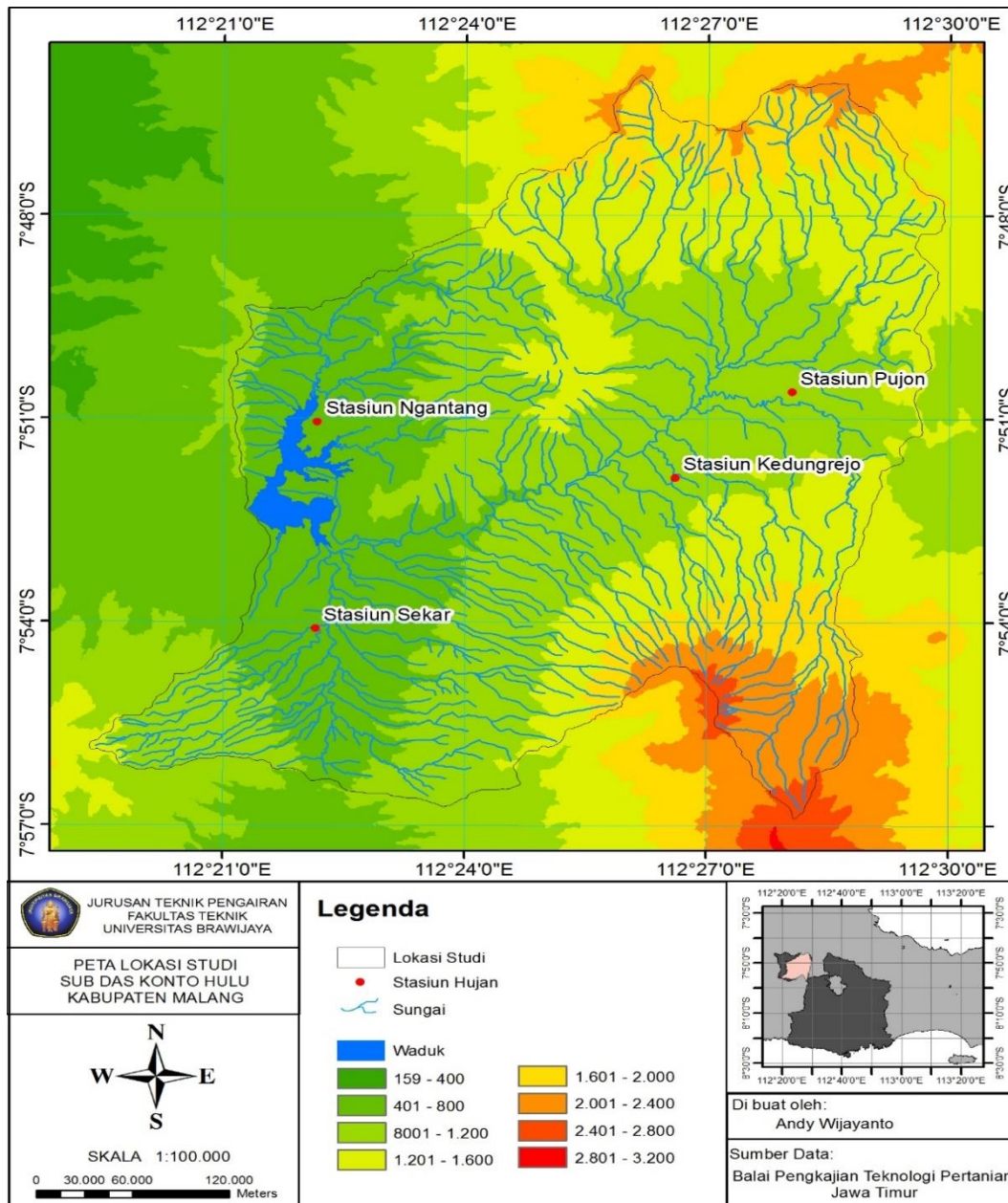
Studi terdahulu yang pernah dilakukan pada tempat yang sama dilakukan oleh Widodo (2013) menghasilkan model *SWMHMS* yang sesuai dengan karakteristik DAS tersebut. Sehingga dalam studi ini peneliti menggunakan Metode *NRECA* (*National Rural Electric Cooperative Association*) dan *Thorntwaite-Mather*.

Pada metode *NRECA* memiliki konsep yang sederhana yaitu hujan – evapotranspirasi aktual + perubahan tampungan = limpasan (Limantara, 2012). Menurut Tunas & Surya (2011) model *NRECA* dibagi menjadi limpasan secara langsung (diper permukaan dan dibawah permukaan) serta tampungan (kelengasan dan air tanah). Model ini juga dapat digunakan dalam analisa perhitungan neraca air untuk irigasi (Shadiq et.al, 2013). Sedangkan *Thorntwaite-Mather* adalah metode yang sudah cukup lama dikembangkan dan masih relevan dalam penyelesaian studi kasus ini. Pada umumnya metode ini digunakan dalam analisa kekeringan karena terdapat perhitungan defisit air yang terjadi. Tetapi *Thorntwaite-Mather* juga bisa digunakan dalam perhitungan debit dari tampungan kelengasan tanah yang terjadi (Steenhuis & Van Der Molen, 1985). Kesederhanaan data yang diperlukan untuk perhitungan dengan metode *Thorntwaite-Mather* bisa menjadi alternatif perhitungan neraca air di suatu daerah (Hartanto, 2017).

LOKASI DAN METODE

Lokasi Studi

Penelitian ini dilakukan pada Sub DAS Konto Hulu, secara administratif, berada di daerah Kabupaten Malang, di dalam Kecamatan Ngantang dan Pujon. Secara geografis Sub DAS Konto Hulu itu terletak di antara 112° 3' 45,89" BT, 7° 30' 8,234" LS dan 112° 30' 1,716" BT, 7° 57' 22,423" LS. Sub DAS Konto Hulu merupakan bagian dari sistem DAS Brantas seluas ± 237 km² dengan total panjang keseluruhan jaringan sungai Konto yaitu ± 40 Km.



Gambar 1 Peta Lokasi Studi
Sumber: Hasil analisa, 2019

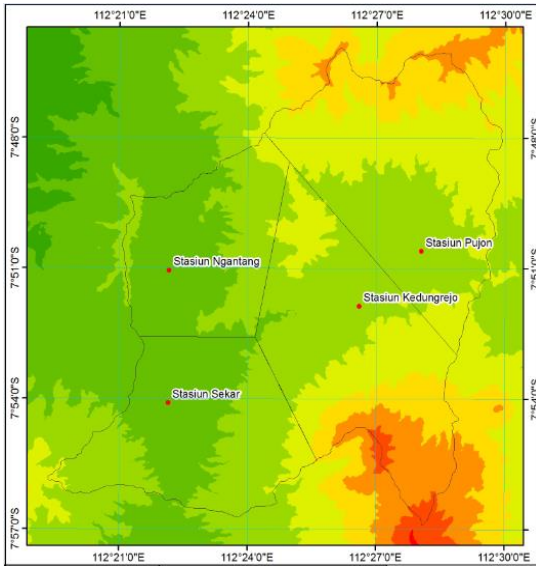
Data

Data yang diperlukan dalam studi ini meliputi :

1. Data curah hujan selama 10 tahun (2008-2017)
2. Data klimatologi (letak lintang, suhu, kelembaban, lama penyinaran, kecepatan angin)
3. Data debit pengamatan dari *Inflow* Bendungan Selorejo 10 tahun (2008-2017)
4. Peta lokasi studi
5. Peta topografi
6. Peta tata guna lahan
7. Peta jenis tanah

Analisa Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang digunakan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan perancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono & Takeda, 2003). Cara perhitungan curah hujan daerah di beberapa titik menggunakan metode Poligon Thiessen.



Gambar 2. Polygone Thiessen
Sumber : Hasil analisa, 2019

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- \bar{R} = curah hujan daerah (mm)
- R_1, R_2, R_n = curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah setiap titik-titik pengamatan.
- A_1, A_2, A_n = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan.

Evapotranspirasi

Analisis evapotranspirasi yang diterapkan di Indonesia umumnya menggunakan metode Penman yang sudah direkomendasikan FAO (*Food & Agricultural Organization*) (Limantara, 2010). Karena menghasilkan perhitungan yang lebih akurat dimana data klimatologi yang digunakan paling lengkap di antara metode yang lain.

$$ET_o = c \times ET_o^* \dots\dots\dots (2)$$

$$ET_o^* = w \times (0,75 \times R_s - Rn1) + (1 - w) \times f(u) \times (\epsilon\gamma - \epsilon d) \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

- ET_o = evaporasi potensial (mm/hari)
- c = angka koreksi (berdasarkan kondisi iklim)
- ET_o^* = evaporasi Potensial sebelum dikoreksi (mm/hari)
- w = faktor pengaruh suhu dan elevasi terhadap ketinggian daerah
- R_s = radiasi gelombang pendek yang diterima bumi (mm/hari)
- = $(0,25 + 0,54 \cdot n/N) \cdot R\gamma \dots\dots (4)$

$Rn1$ = radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari)
= $f(t) \times f(\epsilon d) \times f(n/N) \dots\dots\dots (5)$

$f(u)$ = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 m
= $0,27 \cdot (1 + 0,864 \times u) \dots\dots (6)$

$(\epsilon\gamma - \epsilon d)$ = perbedaan tekanan uap jenuh dan tekanan uap yang sebenarnya

ϵd = tekanan uap sebenarnya
= $\epsilon\gamma \times RH \dots\dots\dots (7)$

NRECA

Beberapa parameter yang harus disesuaikan dengan karakteristik DAS yang digunakan seperti :

1. Nominal
Nominal yang merupakan indeks kapasitas tampungan kelengasan tanah.
2. Koefisien Reduksi, nilainya tergantung pada kemiringan lahan.

Tabel 1. Koefisien Reduksi

Kemiringan (m/km)	Koefisien Reduksi
0 – 50	0,9
51 – 100	0,8
101 -200	0,6
>200	0,4

Sumber: KP – 01, 2013.

3. $PSUB$ yang nilainya tergantung pada permeabilitas tanah pada daerah tangkapan hujan
 - $PSUB = 0,5$ untuk daerah tangkapan hujan yang normal/biasa.
 - $0,5 < PSUB \leq 0,9$ untuk daerah akuifer permeable yang besar.
 - $0,2 \leq PSUB < 0,5$ untuk daerah dengan akuifer yang terbatas.
4. GWF , nilainya bergantung pada kondisi tanah untuk menampung air, dimana:
 - $GWF = 0,5$ untuk daerah dengan tampungan air normal/biasa
 - $0,5 < GWF \leq 0,9$ untuk daerah dengan tampungan kecil.
 - $0,2 \leq GWF < 0,5$ untuk daerah yang dimiliki tampungan air yang dapat diandalkan / besar.

$$Q \text{ sungai} = \frac{\text{Aliran total} \times A}{86400 \times \text{jumlah hari}} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

- $Q \text{ aliran sungai}$ = debit aliran sungai (m^3/dt)
- Aliran total = debit aliran (m^3/dt)

A = luas DAS (m²)

Thornthwaite-Mather

Beberapa parameter yang harus disesuaikan dengan karakteristik DAS yang digunakan seperti :

1. Kapasitas tanah dalam menyimpan air (*Water Holding Capacity*), berdasarkan penggunaan lahan dan jenis tanahnya, serta persentasi luas penggunaan lahan tersebut dikalikan dengan nilai air yang tersedia dan nilai kedalaman zona perakaran yang terdapat pada tabel pendugaan kapasitas air tersedia, maka didapatkan nilai *WHC* atau *Sto* (Thornthwaite & Mather, 1957).

2. *Runoff*

Besar nilai *runoff* diperoleh dari surplus air yang terjadi dengan asumsi 70% air masuk ke tanah dan 30% menjadi *runoff* pada bulan berikutnya.

3. *Baseflow*

Baseflow digunakan pada sungai dengan keadaan selalu terdapat air baik di musim penghujan maupun musim kemarau. Pada metode Thornthwaite-Mather menggunakan data *baseflow* dengan memakai debit terkecil pada musim kemarau.

$$Q \text{ sungai} = \frac{\text{Runoff} \times A}{86400 \times n} + \text{Baseflow} \dots \dots \dots (9)$$

Dengan :

- Q aliran sungai* = debit aliran sungai (m³/dt)
- Runoff* = limpasan (m)
- A = luas DAS (m²)
- Baseflow* = debit dasar sungai (m³/dt)
- n = jumlah hari

Analisa Kesesuaian Metode

Analisa kesesuaian metode atau kalibrasi dilakukan dengan cara menbandingkan data debit pengamatan dengan hasil perhitungan simulasi dengan mencari penyimpangan terkecil dan nilai koherensi yang bagus. Koherensi merupakan ketepatan antara yang terukur dengan terhitung, dapat diamati secara kualitatif, contohnya dengan membandingkan hidrograf debit terukur dan terhitung (Indarto, 2012). Analisa kesesuaian metode menggunakan beberapa metode yaitu *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)*, Koefisien Korelasi (*R*), *Root Mean Squared Error (RMSE)*, dan Kesalahan Relatif (*KR*).

1. Uji *Nash- Sutcliffe Efficiency (NSE)*

$$NSE = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - X_i)^2}{(Y_i - \bar{Y}_i)^2} \dots \dots \dots (10)$$

Dengan :

- Y_i* = data observasi (data sebenarnya)
- X_i* = data perkiraan (data hasil estimasi)
- \bar{Y}_i = data observasi rata-rata
- n = jumlah data

Tabel 2. Nilai Parameter *NSE*

Nilai <i>NSE</i>	Interpretasi
<i>NSE</i> > 0,75	Baik
0,36 < <i>NSE</i> < 0,75	Memenuhi
<i>NSE</i> < 0,36	Tidak Memenuhi

Sumber: Motovilov. *et al*, 1999.

2. Uji Koefisien Korelasi (*R*)

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i X_i - \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X_i}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right)}} (11)$$

Dengan :

- R* = nilai koefisien korelasi
- Y_i* = data observasi (data sebenarnya)
- X_i* = data perkiraan (data hasil estimasi)
- n = jumlah data

Tabel 3. Nilai Parameter *R*

Nilai <i>R</i>	Interpretasi
0 - 0,19	Sangat Rendah
0,20 - 0,39	Rendah
0,40 - 0,59	Sedang
0,6 - 0,79	Kuat
0,8 - 1	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono, 2003.

3. Uji *Root Mean Squared Error (RMSE)*

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2}{n}} \dots \dots \dots (12)$$

Dengan :

- Y_i* = data observasi (data sebenarnya)
- X_i* = data perkiraan (data hasil estimasi)
- n = jumlah data

4. Uji Kesalahan Relatif (*KR*)

$$KR = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)}{Y_i} \times 100\% \dots \dots \dots (13)$$

Dengan :

- Y_i* = data observasi (data sebenarnya)
- X_i* = data perkiraan (data hasil estimasi)
- n = jumlah data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hujan dan debit pengamatan yang diperlukan dalam studi ini dilakukan analisis kualitas data terlebih dahulu dengan uji RAPS dan Uji Stasioner (Uji F dan Uji t). Hal ini sangat diperlukan karena untuk mengetahui kelayakan kualitas data yang diperoleh. Dari uji RAPS yang dilakukan, didapatkan hasil yang konsisten baik data hujan maupun data debit pengamatan.

Berdasarkan hasil Uji Stasioner (Uji F dan Uji t) diperoleh bahwa dengan menggunakan derajat kepercayaan 5% dari 120 data yang di kumpulkan selama 10 tahun (2008-2017) dengan periode bulanan diterima semua. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data hujan tersebut berdasarkan Uji Stasioner bersifat homogen dan berasal dari populasi yang sama.

Analisa Curah Hujan Wilayah

Perhitungan hujan wilayah dengan metode Poligon Thiessen menggunakan data curah hujan selama 10 tahun (2008-2017). Setiap Pos Stasiun Hujan mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua atau lebih Pos Stasiun Hujan yang ada.

Tabel 4. Nilai K_r Setiap Stasiun

Stasiun Hujan	Luas (km ²)	K_r
Ngantang	42,82	0,18
Pujon	71,71	0,30
Kedungrejo	68,93	0,29
Sekar	53,54	0,23
Jumlah	237	1

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Pada tabel 4 terdapat beberapa pos stasiun hujan di Sub DAS Konto Hulu, yaitu Pos Stasiun Hujan Ngantang, Pujon, Kedungrejo, dan Sekar. Masing – masing pos stasiun hujan memiliki luas pengaruh yang berbeda-beda. Nilai koefisien K_r tersebut sangat berpengaruh dalam analisis perhitungan hujan wilayah dengan metode Polygon Thiessen. Pos Stasiun Hujan pujon memiliki luas pengaruh paling besar, hal tersebut bisa dilihat dari nilai K_r yang dihasilkan.

Tabel 5. Hasil Curah Hujan Wilayah Tahunan

Tahun	R tahunan (mm)
2008	2821
2009	2543
2010	4156
2011	2816
2012	2323
2013	3779
2014	2665
2015	2002
2016	3200
2017	2901
Rerata	2921

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

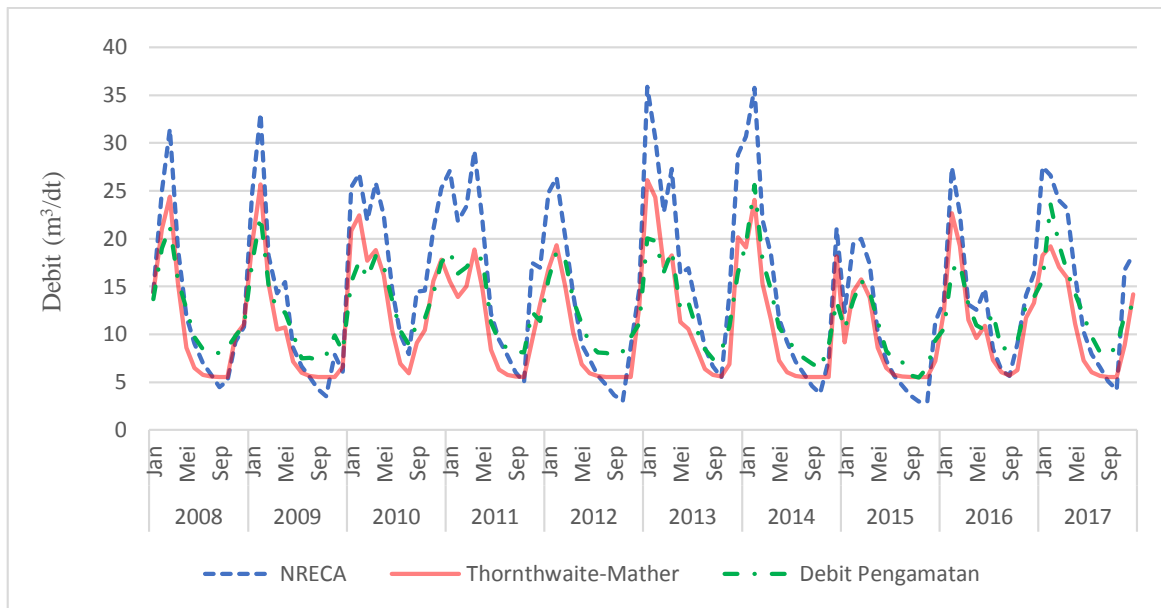
Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 5, curah hujan maksimum yang terjadi dengan periode bulanan sebesar 884 mm pada bulan januari 2013 dengan rerata hujan tahunan sebesar 2921 mm. Hasil perhitungan curah hujan wilayah rerata tahunan berfungsi untuk analisa simulasi hujan menjadi debit menggunakan metode NRECA.

Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi potensial dengan metode Penman menggunakan data iklim meliputi letak lintang pos klimatologi, suhu rerata (°C), kelembaban relatif, lama penyinaran (jam), dan kecepatan angin (m/dt) selama 10 tahun (2008-2017). Perhitungan ini menggunakan data yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Karangploso Kota Batu, yang terletak tidak jauh dari lokasi studi. Dari perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman didapatkan evapotranspirasi maksimum yang terjadi sebesar 6,231 mm/hr pada bulan oktober 2015 yang terjadi pada puncak musim kemarau dan minimum sebesar 2,661 mm/hr pada bulan juli 2014 yang terjadi pada puncak musim hujan.

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Simulasi Dengan Metode NRECA Dan Thornthwaite-Mather

Perhitungan debit simulasi yang dilakukan telah menyesuaikan dengan beberapa parameter karakteristik DAS pada lokasi studi. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan debit dengan metode NRECA dan Thornthwaite-Mather dengan periode bulanan selama 10 tahun (2008-2017).



Gambar 3. Grafik perbandingan antara debit perhitungan NRECA dan Thornthwaite-Mather dengan debit pengamatan tahun 2008-2017.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat secara garis grafik bahwa hasil perhitungan debit simulasi yang paling mendekati dengan debit pengamatan yaitu metode Thornthwaite-Mather dengan debit maksimum 26,107 m³/dt yang terjadi pada Januari 2013 serta debit minimum 5,511 m³/dt yang terjadi pada bulan November 2014 dan rerata sebesar 11,173 m³/dt. Sedangkan pada metode NRECA terdapat perbedaan yang fluktuatif pada debit puncak sebesar 35,857 m³/dt yang terjadi pada bulan basah dan debit minimum sebesar 2,984 m³/dt yang terjadi pada bulan kering.

Analisa Kesesuaian Metode

Tabel 6. Hasil Uji *NSE* dan *R*

Metode	<i>NSE</i>	<i>R</i>
Thornthwaite-Mather	0,624	0,931
NRECA	-0,376	0,958

Sumber : Hasil perhitungan, 2019

Mengacu pada Tabel 6 nilai yang didapat dari Uji *NSE* menunjukkan hasil memenuhi dengan nilai 0,624 pada metode Thornthwaite-Mather. Hasil tersebut menunjukkan nilai *NSE* > 0,36, yang termasuk dalam kategori keterkaitan yang memenuhi standar yang telah ditentukan. Sehingga pada uji *NSE* yang terbaik dengan metode Thornthwaite-Mather.

Pada uji Koefisien Korelasi (*R*) semua metode menunjukkan hasil > 0,8 atau “Sangat

Kuat”. Nilai *R* hanya menunjukkan besarnya kesamaan pola yang diciptakan dari hasil perbandingan yang dilakukan. Sehingga kemiripan besaran nilai tidak di perhatikan. Maka dari itu berdasarkan pengujian menggunakan Koefisien Korelasi (*R*) menunjukkan hubungan kedua metode yaitu NRECA dan Thornthwaite-Mather terhadap debit pengamatan mempunyai tingkat kemiripan yang sangat baik. Sehingga kedua metode tersebut sesuai.

Tabel 7. Hasil Uji *RMSE* dan *KR*

Metode	<i>RMSE</i>	<i>KR</i>
Thornthwaite-Mather	2,647	10,80%
NRECA	5,062	17,50%

Sumber : Hasil perhitungan, 2019

Dari Tabel 7 dapat disimpulkan pada uji *RMSE* dan Kesalahan Relatif (*KR*) menunjukkan nilai yang masih relatif besar. Dimana nilai (*KR*) yang dihasilkan sebesar 10,8% dan nilai *RMSE* 2,647. Dari kedua uji tersebut dipilih berdasarkan nilai terendah. Maka dari itu metode Thornthwaite-Mather adalah yang terbaik.

Pada beberapa uji kesesuaian yang dilakukan masih terdapat penyimpangan yang bisa dilihat dari nilai yang dihasilkan. Perlu disampaikan bahwa model hidrologi apapun tidak akan bisa menirukan perilaku yang sesungguhnya tanpa suatu penyimpangan (Sri Harto, 2000).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan debit pada Sub DAS Konto Hulu menggunakan metode NRECA dan Thornthwaite-Mather menghasilkan nilai yang relatif berbeda. Pada Periode Bulanan dengan Metode NRECA menghasilkan debit maksimum 35,857 m³/dt, debit minimum 2,984 m³/dt, dan debit rerata 14,538 m³/dt. Pada Metode Thornthwaite-Mather menghasilkan debit maksimum 26,107 m³/dt, debit minimum 5,511 m³/dt, dan debit rerata 11,173 m³/dt.

Sedangkan pada uji kesesuaian metode yang dilakukan menghasilkan metode Thornthwaite Mather yang paling sesuai. Nilai pada uji *NSE* menunjukkan hasil "Memenuhi" pada metode Thornthwaite-Mather, dengan nilai *NSE* 0,624. Nilai pada uji Koefisien Korelasi (*R*) menunjukkan hasil "Sangat Kuat" pada semua metode, dengan nilai paling besar 0,958 yang terdapat pada metode NRECA. Nilai pada uji *RMSE* menunjukkan nilai paling kecil 2,647 pada metode Thornthwaite-Mather. Besar Kesalahan Relatif (*KR*) paling kecil 10,8% yang terdapat pada metode Thornthwaite-Mather.

Metode NRECA masih belum lebih baik dibandingkan metode Thornthwaite-Mather diperkirakan kurang akuratnya parameter-parameter yang digunakan. Metode ini banyak digunakan pada daerah curah hujan rendah (Alby, 2018). Sedangkan pada lokasi studi mempunyai curah hujan yang tinggi.

Saran yang dapat di berikan berdasarkan hasil analisa yaitu memperhatikan lebih rinci pada setiap parameter karakteristik DAS yang dibutuhkan dalam setiap perhitungan dan menggunakan data dengan tentang waktu yang panjang. Semakin banyak data yang digunakan maka akan menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Alby, L. (2018). Perbandingan Metode Alihragam Hujan Menjadi Debit dengan F.J Mock dan NRECA di DAS Kemuning Kabupaten Sampang. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

Br., Sri Harto. (2000). *Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian*. Yogyakarta: Nafiri Offset.

Hartanto, Priyo. (2017). Perhitungan Neraca Air DAS Cidanau Menggunakan Metode Thornthwaite. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, Vol. 27. (2) : 213-225.

Indarto. (2012). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara

Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *KP-01 Perencanaan Jaringan Irigasi*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum

Limantara, Lily Montarcih. (2010). *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung.

Limantara, Lily Montarcih. (2012). *Reliability Performance Of Tambak Pocok Small Dam, Bangkalan Of Indonesia*. *Asian Journal Of Natural & Applied Sciences*. Vol.1 (2) : 7-8

Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K. & Rodhe, A. (1999). *Validation of a Distributed Hydrological Modelling Against Spatial Observations*. *Elsevier Agricultural and Forest Meteorology*. 98 : 257 – 277

Shadiq, H. Fathurazie, et.al. (2013). *Actual Water Availability And Water Needs In Irrigation Area Of Riam Kanan In South Kalimantan Province*. *Academic Research International*. Vol.4 (6) : 583

Sosrodarsono, Suyono., & Takeda, Kensaku. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sugiyono. (2003). *Metode Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Steenhuis, T.S. and W.H. Van Der Molen. (1985). *The Thornthwaite-Mather Procedure As A Simple Engineering Method To Predict Recharge*. *Journal of Hydrology*. 84: 221-229

Thornthwaite, C. W. and J. R. Mather (1957). *Instructions And Tables For Computing Potential Evapotranspiration And The Water Balance* Vol.10 (3). New Jersey : Drexel Institute Of Technology.

Tunas, I.G. dan Lesmana S.B. (2011). Perhitungan Neraca Air DAS Cidanau Menggunakan Metode Thornthwaite. *Jurnal INFRASTRUKTUR*, Vol. 1. (1) : 54-62.

Widodo. Y.W. (2013). Penerapan Model SWMHMS Untuk Menduga Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Debit Sungai di Sub DAS Konto Hulu. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.